

堆積年代の新しい火山灰土壌の粘土鉱物について

著者	庄子 貞雄
号	20
発行年	1966
URL	http://hdl.handle.net/10097/12571

氏名・（本籍）	しょう じ さだ お 庄 子 貞 雄（宮城県）
学位の種類	農 学 博 士
学位記番号	農 第 2 0 号
学位授与年月日	昭和41年12月15日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和33年6月 ミシガン州立大学大学院（土壤学科）修士課程修了
学位論文題目	堆積年代の新しい火山灰土壌の粘土 鉱物について
論文審査委員	教授（主査） 内 山 修 男 教授 藤 原 彰 夫 教授 輪 田 潔

論文内容要旨

第1章 緒 論

火山国である我が国には火山灰土壌もまた広く分布し、その耕地面積は200万haにもおよんでいる。その大部分は畑地であるので、火山灰土壌は畑土壌の大半を占めることになる。しかしながら火山灰土壌は劣悪な低位生産土壌であり、その改良は畑地農業の上で常に重要な課題となつてゐる。

火山灰土壌の劣悪性は母材である火山灰自体の持つ特異性とその風化によつて生成する土壌の断面構成及び風化土壌の物理化学的特性によるものである。

火山灰は一般に小さな鉱物粒子より成り、その比表面積は岩石塊に比べて著しく大きい。その上に風化抵抗性の小さい火山ガラス、軽石、斜長石などの含量が高いため、

普通の残積土の場合に比べて火山灰土壌は風化速度も土壌の生成速度も著しく大きいことになる。

火山灰堆積層は一般に多孔性であるので、岩石鉱物を構成している元素の中で易動性の大きいCa, Mg, Na, Kなどの塩基や珪酸が容易に系外に流失され、易動性の小さいアルミニウムや鉄は相対的に富化することになる。従つて火山灰土壌は残積土に比較すると結晶性粘土鉱物の生成条件において著しく劣ることになる。

普通残積土では気候に対応した成帯土壌が発達し、それぞれの土壌によつて粘土鉱物の種類と量に特徴的な相違が現われる。例えば北海道から九州に向つてボドソール性土壌から褐色森林土をへて赤黄色土に至るが、その粘土鉱物は北から南に向つて一般に2:1鉱物の減少、1:1鉱物の増加の傾向が見られる。これに対して火山灰土壌は母材の特異性が土壌の生成発達に強く反映する間帯土壌と考えられ、生成する粘土鉱物に気候地理的な特徴や相違のあることを指摘する報告は未だ見られない。

火山灰土壌の粘土鉱物に関する研究報告は1955年以来急速に増加しているが、それらの多くの研究によつて、火山灰土壌中では先づallophaneが生成し、それが風化の進行と共にhalloysite,あるいはmeta-halloysiteに結晶化して行くものであるとする風化系列が仮説として一般的に広く認められるようになった。しかしながらこの仮説の最も有力な根拠は洪積層あるいは第3紀層中にhalloysiteあるいはmeta-halloysiteが存在しているという事実に基づいたもので、それが土壌条件において生成したという裏付けの証明が不充分である。またこれまでの多くの研究報告では研究の方法にも、データーの取り扱いの上にも基本的に問題とされねばならない疑問が多分に残されている。

さて著者は堆積年代の新しい比較的初期風化段階にある火山灰土壌を対象として、主として次のような諸点に検討を加へ、併せて既往の風化仮説についての吟味を行った。

- (1) 結晶性粘土鉱物の同定と定量
- (2) 膨脹性2:1鉱物のペドケミカルな生成
- (3) 膨脹性2:1鉱物の性格とその風化系列
- (4) 非晶質風化生成物の定量とその特徴

(5)火山灰初期風化の特徴と粘土鉱物の生成

第2章 供試土壌について

供試土壌は年代が約1,000年以内の北海道の火山灰土壌を中心にし、これに対比して考察に資するために関東の土壌も一部含めた。

石狩地区の試料は粒度の異なる樽前a(220年)を8ヶ所で層位別に採取した。十勝地区の試料は排水良好地と排水不良地に分けて、旭aとメアカンaの混合層(220年)、樽前b(290年)および十勝c(800~900年)を層位別に採取した。根室地区ではメアカンa(220年)からカムイヌブリ2f(1,150年)まで排水良好地で層位別に採取し、また一部は排水不良地でも採取した。関東の試料は群馬の二ツ岳軽石層(1,400年)の上部と下部より、また神奈川の秦野では宝永火山灰土(260年)とその下部の土壌、そして相模原では宝永火山灰をかぶっていない土壌を対比のために採取した。

以上北海道と関東の試料を合せて10ヶ所で55点を採取したが、秦野土壌以外はすべて未耕地土壌である。

第3章 結晶性粘土鉱物の同定

結晶性粘土鉱物はX線回折と示差熱分析によつて同定された。その結果秦野土壌を除くすべての未耕地土壌には結晶性粘土鉱物として膨脹性2:1鉱物が圧倒的に優勢であり、meta-halloysite, chlorite, illiteなどの量は僅かであることが明らかとなった。秦野土壌では以上の鉱物の外にかなり多量のhalloysiteが含まれていた。このことから見て耕地土壌と未耕地土壌とでは異質のregimeを想定せねばならない可能性が指摘される。

膨脹性2:1鉱物としてはmontmorilloniteからvermiculiteまで包含されており、それらが種々の程度にAl-interlayeringしていることが判明した。火山灰初期風化の前期では生成される膨脹性2:1鉱物はmontmorilloniteが主体であつて、Al-interlayeringは進んでないが、後期に至るとvermiculiteの混合割合が増加し、しかもAl-interlayeringが進んで来る。

Al-interlayering は一般に風化の進んだ土壌程進み、排水不良地よりも良好地において、母材の粒度の大きいものよりも小さいものの方が進んでいる。これは Al-interlayering が土壌の酸性化、土壌溶液中での珪酸供給量の低下、及び活性アルミニウムの増大に密接に関係しているものと考えられる。

一方 Al-interlayering が進んだ段階では chlorite が生成しているが、その量は僅かであつて、Al-interlayering の量とは直接の関係は認め難い。illite は排水不良地や埋設土の下部に見られる。これは生成した vermiculite の Al-interlayering が不十分である状態で、K イオンの供給される場合に生成されるものと考えられる。

meta-halloysite は風化の進んだ土壌で存在が認められるが、その量は少ない。

第4章 膨脹性 2 : 1 鉱物の性格と定量

膨脹性 2 : 1 鉱物の本体については試料から、先づ interlayer-Al を除いた上でこれを検討した。一般に初期風化の前期の土壌では montmorillonite が主体であり、それが風化の進行と共に次第に vermiculite の割合が高くなつて行く。また排水不良地よりも排水良好地で、また母材の粒度が大きいものよりも小さいもので、vermiculite の割合が高いことが認められた。

ここで見出された膨脹性 2 : 1 鉱物はすべて dioctahedral タイプであり、示差熱分析では OH 脱水に伴う吸熱ピークは約 550℃ にあり、電顕写真にみる結晶の形態の特徴はいわゆる beidellite や montmorillonite よりもむしろ illite に類似する。化学分析の結果から計算される構造式では、初期風化前期のものは M.L. Jackson (1964) の提唱する soil montmorillonite のそれに近い。そして vermiculite が多く含まれていると判定される試料の構造式としては soil montmorillonite のものよりも tetrahedral layer に Al の Si 同僚置換量が多い形態のものであると推定された。

第5章 遊離酸化物と珪酸アルミナゲルについて

非晶質風化生成物としては遊離酸化物と珪酸アルミナゲルとがあるが、量的には後

者の方が主体を占める。

一般に遊離酸化物の形態をなすものは珪酸に比べてアルミナや鉄の量が多く、その sa 値 (SiO_2/Al_2O_3) が 1 以上のものは稀である。遊離酸化物を土層の層位別にみると、一般に C 層よりも A 層で多く、その sa 値も A 層が高い。粒度による差異をみると、母材の粒度の大きいものよりも小さいものにその含量が高い。また排水良好地のものよりも排水不良地のものの sa 値が高い。一般に年代の新しいものよりも古いもので含量が高いが、その sa 値は低い。

珪酸アルミナゲルは土壌条件と密接な関係にあることが認められた。その含量は一般に C 層よりも A 層で高く、且つ sa 値も大きい。母材の粒度の大きいものよりも小さいものの方がゲルの含量が高いが、その sa 値は逆に低くなっている。また排水良好地のものよりも排水不良地のもののゲル含量が高く、しかも sa 値も大きい。

珪酸アルミナゲルの sa 値は年代の最も新しい試料では 20~25 という著しく大きい値を示すものがあり、風化年代の長いものになるに従って sa 値は小さくなる傾向があり、最も低いものでは 1~2 となっている。この sa 値が 4 以上の珪酸アルミナゲルでは従来 allophane (sa 値 1~2) と云われているものに比べて、示差熱曲線や赤外線吸収スペクトルにおいても特徴的な差異のあることが確認されるに至った。

電顕写真によるゲルの形態的特徴としては大きく分けて 2 種類が認められた。その 1 つは比較的 to 大きい綿のような感じのものであり、もう 1 つは微粒子の球状もしくは毛髪状の imogolite と云われるものである。

第 6 章 粘土部分に含まれる一次鉱物について

$< 2 \mu$ esd には風化生成物以外の物、すなわち風化の変質を受けてない一次鉱物が風化進度の低い土壌の試料にかなり多く含まれている。それらは X 線回折や電顕写真によつて、火山ガラス、plagioclase, quartz, cristobalite, tridymite などであることが明かにされた。そしてこれらの一次鉱物の種類と量は噴火源によつて異っている。

第 7 章 火山灰初期風化過程に関する論議

第2章から第6章までのデータにもとづいて、火山灰初期風化の特徴、並びにその風化生成物の種類、性格および量的関係について著者は土壌生成論的に解釈を与える目的で土壌生成要因と関連せしめて論議を展開した。著者は先づ遊離酸化物および珪酸アルミナゲルについて、母材の粒度、層位、排水、年代等との関係から論議し、ついで膨脹性2:1鉱物が実際に土壌生成の過程で生成したものであるか、もしくは二次的火山灰であるのか、あるいはmicaのような母材の一次鉱物などから変成したのか否かを検討した。その結果、膨脹性2:1鉱物は土壌生成現象の過程で生成されるものであることを明かにした。そしてこの膨脹性2:1鉱物の生成量も性格も土壌の持つ条件と密接な関係にあることを説明することが出来た。

膨脹性2:1鉱物のAl-interlayeringは土壌の風化条件に密接に関係しているけれども、これと類似した構造をもつchloriteの生成量は必ずしもAl-interlayeringの進行と関連して増加していない。illiteは特殊な条件にある場合において生成が可能であることを論議した。

新しい火山灰の降下による新鮮物の被覆現象によつて、その下にある土壌は若返りタイプ、若しくは埋没土タイプとなり、それが火山灰土の発達にも粘土鉱物の生成にも重大な影響を与えることが論議された。

第8章 結 論

以上の諸章の結果並びに考察に基づいて、火山灰初期風化段階の特徴と粘土鉱物の風化生成の関係は次のようにまとめることが出来る。火山灰風化の進行において、ベドケミカルに生成する結晶性粘土鉱物の大部分は膨脹性2:1鉱物であり、これ以外の2:1鉱物も更にまた1:1鉱物も極めて少量である。そしてその膨脹性2:1鉱物は初期風化の比較的早い時期にはmontmorilloniteが主体であるが、風化が進行するにつれてvermiculiteの生成が増加し、同時にこの2:1鉱物は次第にAl-interlayeringを強化して行く。

他面これと同時に生成される非晶質風化生成物の主体を占める珪酸アルミナゲルは初期風化の比較的早い時期にはそのsa値が20~25というような著しく大きい値のものが見られ、風化が進行すると共にこのsa値が順次に低いものに変化して行く

ことが確認された。このような sa 値の大きい珪酸アルミナゲルの存在が確認されたこと、およびこのものの化学組成、示差熱曲線および赤外線吸収スペクトルも従来から認められて来ていた allophane なるものとは全く異っていることが明かにされた。

以上の事実は火山灰土壌における粘土鉱物の風化生成系列に関する既往の仮説、すなわち火山灰の風化によつて先づ allophane が生成し、それが風化の進行と共に halloysite あるいは meta-halloysite へ結晶化して行くという仮説が誤りであつて完全に書き改められなければならないものであることを確証出来るに至つた。

審 査 結 果 の 要 旨

火山灰の風化過程についての研究並びに火山灰土壌の生成に関する理論的研究は、従来割合に少なく、火山灰が風化されて生成する粘土分に関して、先ず、非結晶質の一般にアロフエンと呼ばれる珪酸礬土分子比 2.0 以下のアルミニウム含量の高い珪酸アルミニウムゲルが生成され、これが徐々に長年月を経過して結晶性のハロイサイトに変成するという解釈が最近まで一般に信じられていた。

著者は、火山灰の風化過程と土壌の形成過程とを科学的に究明するために北海道の火山灰土壌を主材料とし、降下堆積後の経過年数が 1150 年以内の比較的新しい風化段階にある火山灰土壌の中の結晶性粘土鉱物の解明を行なつた。

先づ粘土鉱物の確認に障害となる土壌の有機物と、遊離珪化物及び非結晶質珪酸アルミナゲルを化学的に除去した後、粘土鉱物部分を純粋に分離し、その内容を同定した結果によると、全部の供試火山灰土壌中に確認出来る粘土鉱物は、その約 90% が膨脹性 2:1 型のモンモリロナイト結晶の鉱物であり、風化年数の進むに従つて、ハロイサイト、イライト、クロライト等の粘土鉱物が生成されるものと推定され、合計量で約 10% 程度に認められることを確めた。又この膨脹性 2:1 型鉱物は風化が進むにつれて珪酸四面体層の珪酸をアルミニウム四面体で同位置換する現象が増加すると共に、アルミニウム層による層間結合が起り、その膨脹性を消失して行くことを確認した。これは火山灰の風化現象と、これによつて生成される粘土鉱物についての従来の謬見を根本的に改めるべき全く新しい発見ということが出来る。

著者は更に火山灰土壌中に存在する非結晶質の珪酸アルミナゲルについて検討を行ない、従来、珪酸礬土比 2.0 以下のアロフエンが、火山灰特有の非結晶質風化生成物質であるとされてきていた定説が誤りであつて、北海道のような比較的低温の条件においては風化年代が 500~700 年以内であるようなやや新しい風化過程の段階にある火山灰土壌の場合には、ゲルの珪酸含量が異常に高く、多くはその珪酸礬土比が最高 2.5 から 2.0 までの間にあり、風化年数の進行したものの場合にこの比が 2.0 以下のものが存在している新しい事実を明かにし、土壌の風化生成理論に対して一つの重要な根拠を与えることが出来た。

これは土壌生成学的に見て価値のある研究であつて農学博士の学位を与えるに十分な資格があるものと認める。